

Fazer sorvete para aprender sobre abaixamento da temperatura de congelamento

Fer sorbets per aprendre sobre la disminució de la temperatura de congelació

Making ice cream to learning about the freezing temperature depression

Martha Maria Andreotti Favaro, Gustavo Giraldi Shimamoto, Celso Aparecido Bertran e Adriana Vitorino Rossi / Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Química (Brasil)

DOI: 10.2436/20.2003.02.89 <http://scq.iec.cat/scq>

29

ISSN 2013-1755, SCQ-IEC Educació Química EduQ número 12 (2012), p. 29-36



resumo

O trabalho descreve um experimento versátil e acessível que utiliza materiais e produtos domésticos para ilustrar e discutir a propriedade coligativa de abaixamento da temperatura de congelamento. A abordagem é contextualizada e interdisciplinar e envolve trabalho cooperativo, o que favorece o desenvolvimento de habilidades e competências que facilitam o processo de ensino-aprendizagem, além de motivar os participantes. Esta proposta já foi aplicada com sucesso para um grupo de cinquenta estudantes e outro grupo de cinquenta professores, todos do ensino médio de escolas públicas de Campinas (São Paulo, Brasil) e região.

palavras-chave

Sorvete, propriedade coligativa, emulsão, experimentação contextualizada.

resum

A l'article es descriu un experiment que utilitza materials versàtils i assequibles i productes d'ús domèstic per il·lustrar i discutir la disminució de la propietat col·ligativa de temperatura de congelació de les mescles. L'enfocament és interdisciplinari i contextualitzat i implica el treball cooperatiu, la qual cosa afavoreix el desenvolupament d'habilitats i competències que faciliten el procés d'ensenyament-aprenentatge, a més de motivar els participants. Aquesta proposta es va aplicar amb èxit en un grup de cinquanta estudiants i en un altre grup de cinquanta professors, tots d'ensenyament secundari de les escoles públiques de la ciutat i la regió de Campinas (São Paulo, Brasil).

paraules clau

Gelat, propietats col·ligatives, emulsió, experimentació contextualitzada.

abstract

This paper describes an accessible and versatile experiment that uses household materials and products to illustrate and discuss the colligative property of freezing temperature depression. The proposal involves context, interdisciplinary and collaborative work to enhance the development of skills and competencies that facilitate the teaching-learning process and motivate participants. This proposal has been successfully applied to a group of fifty students and another group of fifty teachers, all from public high schools of Campinas city and region (São Paulo, Brazil).

keywords

Ice cream, colligative property, emulsion, contextualized experimentation.

Introdução

Quase todo mundo aprecia um bom sorvete, cremoso e saboroso. É fácil comprá-lo na sorveteria e seria ótimo tê-lo em casa com a mesma cremosidade, mas, às vezes, isso não acontece e quando se retira o sorvete armazenado em congelador doméstico, o que se consegue é um bloco ou vários cristais grandes de gelo e a massa saborizada separada ao fundo, nem de longe parecendo o delicioso sorvete... E como aproveitar isso para ensinar e aprender química com atividade experimental?

Inspirados por uma receita de sorvete de autoria desconhecida que circula por e-mail na internet, aparentemente com mero objetivo de curiosidade culinária, desenvolvemos uma proposta educativa que pode ser realizada em escolas e espaços de educação não formal. Trata-se de um experimento abordando tema motivador, que pode ser realizado de forma demonstrativa ou ser executado por grupos de estudantes, sem necessidade de infraestrutura laboratorial. Os materiais são de baixo custo e facilmente encontrados em comércio local. A atividade envolve ação cooperativa, desenvolvimento de habilidades, aplicação de conceitos e o resultado concreto é um sorvete saboroso, que pode ser degustado pelos participantes, desde que sejam observadas as condições de higiene.

Como e por que inserir essa proposta na educação formal? Cada vez mais, ensinar ciências é desafiador para todos os níveis de escolarização e essa dificuldade se acentua quando se pretende tornar a temática da química articulada com as necessidades e os interesses dos estudantes da educação básica (Favaro et al., 2011). Isso se intensifica atualmente quando grande parte dos estudantes demonstra dificulda-

des no aprendizado de conceitos químicos, não percebem o significado e a importância do que se apresenta na escola e nem conseguem associar esses conceitos com fenômenos do dia-a-dia. Certamente, a falta de contextualização do conteúdo escolar cria ou aumenta o distanciamento entre os conceitos abordados e a realidade dos estudantes e contribuindo para gerar dificuldades de aprendizagem e compreensão, porque faltam aspectos motivacionais. Dificuldades para relacionar o conteúdo escolar com eventos cotidianos, levam alguns professores a priorizar reprodução do conhecimento, cópia e memorização, esquecendo-se de articular a teoria com a prática (Pontes et al., 2008; Cardoso e Colinviaux, 2000). Como resultado, é comum professores apontarem que seus estudantes esquecem os conteúdos após a realização de provas e testes.

Certamente, a falta de contextualização do conteúdo escolar, cria ou aumenta o distanciamento entre os conceitos abordados e a realidade dos estudantes e contribuindo para gerar dificuldades de aprendizagem e compreensão, porque faltam aspectos motivacionais

Vale destacar que a forma inicial de abordagem de um conteúdo pode influenciar em sua fixação significativa. De acordo com Anderson, Bothell e Byrne (2004), o estudante tem mais condições de recuperar uma informação quando ela é apresentada de forma articulada, numa perspectiva associativa a outras informações.

Por isso é importante buscar alternativas que favoreçam a interação cognitiva do estudante com o conteúdo, principalmente nas séries iniciais ou na introdução de conceitos abrangentes (Bunce, VandenPlas e Soulis, 2011).

Com opção para minimizar dificuldades de elaboração de diversos fenômenos discutidos nas aulas de química, as práticas experimentais representam agentes facilitadores para o aprendizado. Entretanto, fazer uso da experimentação pode esbarrar em questões relacionadas principalmente com a infraestrutura das escolas e a baixa carga horária da disciplina em escolas públicas brasileiras. Além disso, não podem ser descartadas falhas na formação dos professores. Isto remete a questões relacionadas com a estrutura de vários cursos de licenciatura no Brasil, que embora contemplem atividades experimentais, ainda têm pouca ênfase em atividades de preparo e aplicação de experimentação com fins didáticos, indispensáveis para sua prática na escola. Como tentativa de contribuição para melhorar a situação, vêm surgindo diversas propostas de experimentos simples que dispensam infraestrutura laboratorial, podendo ser executados dentro da própria sala de aula com relativa facilidade pelo professor ou pelos próprios estudantes, como pode ser observado em trabalhos publicados em diversas revistas científicas relacionadas ao ensino de ciências ou de química. Neste contexto, insere-se nossa proposta de fazer sorvete para aprender sobre uma das propriedades coligativas.

Outro foco de atenção em propostas atuais para ensino de química envolve a contextualização dos conteúdos, o que incorpora aos currículos aspectos sócio-científicos, como questões

ambientais, políticas, econômicas, éticas, sociais e culturais relativas à ciência e a tecnologia (Pontes *et al.*, 2008). É importante aproveitar a experiência dos estudantes, os acontecimentos do cotidiano, a cultura, a mídia e a rotina da escola para oportunizar o necessário aprendizado pela reconstrução dos conhecimentos químicos que devem favorecer o posicionamento crítico do cidadão em formação na escola, com fundamentação também na ciência (Parâmetros curriculares nacionais..., 1999).

A cozinha pode representar um excelente ponto de partida para contextualização para a grande maioria das pessoas, na perspectiva de um estimulante ambiente de aplicação da ciência. É possível destacar relações que os estudantes podem reconhecer e estabelecer articulações entre os conteúdos abordados em sala de aula e os fenômenos físicos e químicos que ocorrem no preparo de algum alimento na cozinha. Cozinhar e o que acontece na cozinha podem tornar-se atos científicos que favorecem o entendimento e explicam muitos truques e segredos, passados de geração para geração, que dão o “toque especial” a muitas receitas (This, 2003).

Nosso objetivo, com este trabalho, foi elaborar e aplicar um experimento didático de baixo custo, acessível e contextualizado, para demonstrar e discutir conceitos químicos, de forma simples e lúdica. O experimento consistiu da preparação de sorvete, utilizando a propriedade coligativa de abaixamento da temperatura de congelamento do sistema gelo, água e sal de cozinha para congelar a mistura do leite ou do sorvete que contém água, gordura e ingredientes que dão seu sabor. Este é o resultado de um projeto em uma disciplina obrigatória do curso de licenciatura em Química da Universidade Estadual de Campinas,

desenvolvido no primeiro semestre de 2011 e aplicado para um grupo de cinquenta estudantes e outro grupo de cinquenta professores, todos do ensino médio de escolas públicas de região Campinas (São Paulo, Brasil).

Os conceitos abordados neste trabalho estão diretamente relacionados com a química da cozinha e o cotidiano dos estudantes, focado na questão do abaixamento da temperatura de congelamento de um líquido. Outros conceitos como substâncias puras e misturas, misturas homogêneas e heterogêneas, fases, polaridade e emulsões também podem ser abordados

A experimentação contextualizada

A experimentação no ensino de química é um recurso motivacional que pode despertar o interesse dos estudantes, dispondo-os para o aprendizado, em diversos níveis de escolarização. Com esta estratégia é possível oportunizar o desenvolvimento de habilidades, causar espanto e despertar a curiosidade, o que estimula a busca por explicações lógicas e razoáveis. Assim, são criadas condições favoráveis para elaboração de hipóteses, aprimoramento de senso crítico e tomada de decisões fundamentadas em critérios objetivos e científicos. Nossa proposta prática tem opções de contextualização em diversos níveis de escolarização de acordo com a profundidade que seja discutida, isso fortalece e aprimora conceitos naturais envolvidos com a atividade que potencializam o

impacto positivo da prática (Santos *et al.*, 2009).

No Brasil, um movimento pró-experimentação foi organizado por pesquisadores da área de educação a partir dos anos 70 para demonstrar a importância de articular a teoria com a prática. Resgatou-se, então, a prática das demonstrações experimentais em ciências nas salas de aula. A elaboração de experimentos que facilitam a aprendizagem de conceitos fundamentais contribui para mudanças de concepções, o que deve favorecer o aprendizado (Gaspar e Monteiro, 2005; Pontes *et al.*, 2008).

Práticas experimentais não devem ser limitadas a um instrumento adicional de motivação para o estudante, mas também devem servir para proporcionar a construção e a aprendizagem de conceitos científicos. Para isso, é necessária uma dinâmica de ação em que o estudante deixe de ser um agente passivo no processo de ensino-aprendizagem e, de forma proativa, comece a relacionar o que é dito ou lido em aula com o que acontece nas atividades experimentais (Pontes *et al.*, 2008; Cardoso e Colinvaux, 2000), que, por sua vez, relaciona-se com seu cotidiano.

Os conceitos abordados neste trabalho estão diretamente relacionados com a química da cozinha e o cotidiano dos estudantes, focado na questão do abaixamento da temperatura de congelamento de um líquido. Outros conceitos como substâncias puras e misturas, misturas homogêneas e heterogêneas, fases, polaridade e emulsões também podem ser abordados, além de questões de proporcionalidade e conversão de unidades. Embora tenha sido concebido para o ensino médio, pode ser ajustado para aplicação no ensino superior, ensino fundamental ou em espaços de educação não formal.



Figura 1. a) Materiais necessários para preparar o sorvete, b) luvas descartáveis para manter a higiene e c) luvas de aparas para proteger das queimaduras por frio.



Figura 2. Estudantes preparando o sorvete.



Figura 3. Sorvetes de chocolate e morango preparados.

Parte experimental

A fig. 1 apresenta todos os materiais necessários para preparar o sorvete. A lista de materiais é descrita como uma receita para preparar um copo (cerca de 250 mL) de sorvete e serve como interessante opção para discutir conversão de unidades. Isso porque, normalmente, receitas culinárias usam medidas como colheres e xícaras, o que causa curiosidade e pode levar a erros devido à diversidade de tamanhos e formatos de xícaras, copos e colheres que podem ser encontradas. A conversão para um sistema métrico surge como opção útil e necessária.

Nos testes realizados (fig. 2), grupos de até cinco pessoas trabalharam para preparar uma receita de seu próprio sorvete, cujo sabor pode variar de acordo com a preferência do grupo, o que pode ser mais um fator motivacional.

Resultados e discussão da atividade

A fig. 3 ilustra um dos resultados obtidos para a preparação de sorvete de chocolate e morango. Na sequência, apresentamos algumas sugestões de discussões que podem servir como agentes motivadores para serem conduzidas com o experimento em momentos oportunos. Optamos por dividir a discussão em duas frentes: o sistema gelo e sal (contido no saco plástico grande) e a mistura dos ingredientes do sorvete (que ficam no saco plástico pequeno).

A mistura gelo e sal

Ao colocarmos sal numa mistura de gelo e água é possível levar essa mistura a temperaturas menores que 0°C devido ao efeito crioscópico. Assim, é possível abaixar a temperatura o suficiente para solidificar a água dos ingredientes do sorvete rapidamente, sem usar uma geladei-

Materiais e produtos

Para o sorvete

- 1 xícara de chá (240 mL) de leite integral (não precisa estar gelado)
- 3 colheres de sopa (45 mL) de açúcar
- 4 colheres de sopa (60 mL) de achocolatado em pó ou 2 colheres de chá (10 mL) de refresco em pó

Para gelar

- ~1 kg de gelo picado
- 12 colheres de sopa (180 mL) de sal de cozinha
- 1 saco plástico grande (30 × 30 cm) com fecho
- 1 saco plástico pequeno (15 × 15 cm) com fecho
- Luvas de borracha ou de aparas
- Luvas descartáveis
- Copos plásticos descartáveis
- Colheres descartáveis

Procedimento

1. Com as mãos limpas e usando luvas descartáveis, colocar o leite, o açúcar e o aromatizante desejado (chocolate em pó ou suco) no saco plástico pequeno e agitar a mistura para torná-la visualmente uniforme.
2. Fechar bem este saco plástico pequeno, retirando o ar do seu interior.
3. Adicionar o gelo picado no saco plástico grande, junto com o sal de cozinha.
4. Colocar o saco pequeno fechado contendo a mistura do sorvete dentro do saco plástico maior, onde há gelo e sal.
5. Colocar as luvas de borracha ou de aparas para proteger as mãos do frio e agitar vigorosamente a mistura dentro dos dois sacos plásticos por pelo menos 5 min.
6. Quando a mistura de leite, ficar com consistência de sorvete, retirar o saco pequeno e lavá-lo externamente antes de abri-lo com cuidado.
7. Se tudo foi feito com higiene, é possível experimentar a produção e saborear o sorvete.

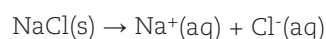
ra. O sal adicionado à mistura água e gelo reduz a temperatura de fusão do gelo. Deste modo, em vez de fundir a temperatura de 0 °C, o gelo funde à uma temperatura mais baixa, por exemplo, -5 °C. Para o gelo fundir, deve receber energia (calor) de alguma fonte e na preparação do sorvete, parte dessa energia é retirada da mistura de leite que, por isso, “congela”. Isto se relaciona com o efeito crioscópico, que é uma propriedade coligativa (Atkins e Jones, 2001; Mateus, 2003).

Trata-se de propriedades físicas de um solvente que dependem do número de partículas de um soluto na solução, mas não dependem da natureza dessas partículas. São decorrentes das ligações, ou seja, interações entre partículas do soluto e do solvente (Santos *et al.*, 2002; Ihde, 1984).

A temperatura de fusão (que é a mesma de solidificação ou de congelamento) é a temperatura na qual a pressão de vapor do solvente líquido se iguala à pressão de vapor do solvente sólido.

Ao se adicionar um soluto não volátil no solvente, ocorre uma diminuição na sua pressão de vapor e uma consequente diminuição na sua temperatura de fusão (Santos *et al.*, 2002; Ihde, 1984).

Escolhemos usar sal de cozinha como soluto de trabalho, pois se trata de material que não gera resíduo tóxico, é de fácil acesso e que é um sólido iônico que sofre dissociação na presença de água, separando seus íons, os quais atuam no abaixamento da temperatura de fusão. A equação é a seguinte:



Ao se analisar o efeito da adição individual de soluções de mesmas concentração em mol/L de NaCl e de sacarose (que não se dissocia), nota-se que o efeito de abaixamento da temperatura de congelamento (ou de fusão) é mais pronunciado na solução salina, ou seja, uma mesma mistura de água e gelo atinge temperaturas mais baixas. Isto ocorre porque a solução salina apresenta maior número de espécies, devido à dissociação, e as propriedades coligativas dependem do número de partículas em solução, mas não dependem da natureza dessas partículas (Santos *et al.*, 2002; Ihde, 1984).

É comum a utilização da mistura de gelo, água e sal para refrigerar de forma mais rápida e prática as bebidas para festas, mesmo num espaço livre, como praias e campos, sem necessidade de uma geladeira. Além disso, no inverno de países onde neva, é comum utilizar NaCl para facilitar o derretimento da neve e evitar que o piso de calçadas, ruas e estradas fique recoberto por uma camada de gelo que é escorregadia e causaria acidentes. Esses são alguns exemplos de aplicação direta de propriedades coligati-

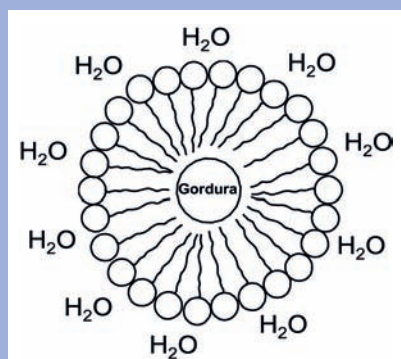


Figura 4. Representação simplificada de uma micela, a partir de gordura, detergente e água para relacionar com a atuação das proteínas no leite.



Figura 5. Representações da visualização do leite com diferentes aumentos.

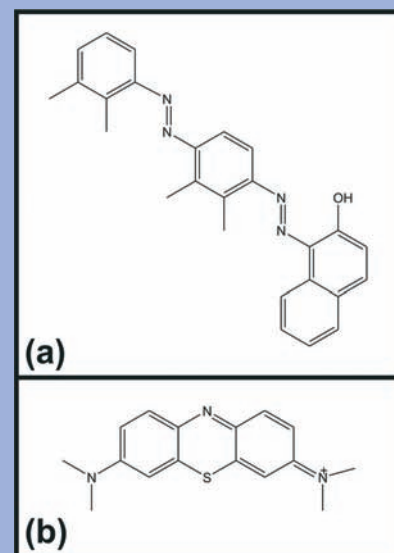


Figura 6. Fórmulas estruturais de: a) corante vermelho de graxa (lipossolúvel) e b) corante azul de metileno (hidrossolúvel).

vas, mas na maioria das vezes os conceitos envolvidos não são conhecidos nem compreendidos, embora o fenômeno seja destacado.

A mistura de ingredientes para fazer o sorvete

Um dos segredos para um bom sorvete é conseguir que os cristais de gelo formados sejam os menores possíveis e que a mistura seja resfriada a temperaturas abaixo de 0 °C. Para que isso aconteça, os ingredientes devem ser agitados vigorosamente durante o resfriamento, para impedir a formação de grandes cristais de gelo, o que resulta num sorvete cremoso. Sem a intensa agitação, os cristais de gelo formados crescem e acabam separando-se dos demais componentes da mistura. Isso é comum acontecer quando se coloca sorvete derretido de volta no congelador doméstico: aparece uma grande parte de gelo separada do resto dos demais ingredientes para decepção do consumidor. Para entender por que isso ocorre é preciso saber um pouco mais sobre o leite, que é um sistema excepcional.

O leite é uma mistura muito complexa formada principalmente por água, gorduras, carboidratos, proteínas, substâncias minerais e ácidos orgânicos, dentre outros componentes. Como água e gordura, que são componentes imiscíveis, estão juntas no leite que a olho nu é homogêneo? Sistemas coloidais respondem essa questão.

Os colóides apresentam-se como misturas heterogêneas de, pelo menos, duas fases. Uma das fases é chamada *fase dispersa* e apresenta-se finamente dividida, junto com a outra fase, a fase contínua, denominada *fase dispersante*. Quando ambas as fases são líquidas, esse sistema coloidal é chamado de *emulsão* (Shaw, 1975; Jafelicci Jr. e Varanda, 1999). Assim é o leite, que além de água e gordura (substâncias que não se dissolvem), contém também proteínas (como caseína), que apresentam estrutura semelhante a dos detergentes (uma parte polar e outra apolar). Tal como atuam as moléculas de detergente na remoção de gorduras, as moléculas de caseína contida no leite se organizam em estruturas, nas quais a parte polar, com

maior afinidade pela água direciona-se voltada para água e a parte solúvel na gordura (apolar) posiciona-se voltada para a gordura, formando essas estruturas tridimensionais chamadas *micelas*. A fig. 4 ilustra, de forma simplificada, a representação de uma micela com moléculas de detergente. Dessa maneira, nas interfaces água-gordura forma-se um revestimento (de proteínas) que delimita a matéria gordurosa presente na forma de glóbulos, estabilizando-os por mais tempo e garantindo a dispersão na água (Silva, 1997).

As duas fases de uma dispersão não são visualizadas a olho nu, uma vez que a fase dispersa está dividida em frações muitíssimo pequenas; por isso o leite é visto como um líquido aparentemente homogêneo e branco (fig. 5). Entretanto, a cor branca do leite é uma consequência de suas características coloidais: decorre da dispersão da luz refletida pelas diversas interfaces entre a água que é a fase dispersante contínua e a fase dispersa, constituída por glóbulos de gordura e partículas coloidais de proteínas e fosfato de cálcio (Silva, 1997; Shaw, 1975).

Adicionar corantes adequados é uma forma interessante de observar dispersões coloidais, como leite ou maionese, que aparentemente são sistemas homogêneos. Juntando um corante lipossolúvel (solúvel em óleo), como, por exemplo, vermelho de graxa (fig. 6a), à maionese ou ao leite e observando-se ao microscópio, é possível notar um tingimento preferencial das gotículas de óleo em relação à fase contínua, que é aquosa (fig. 7a). Já o corante azul de metileno (fig. 6b), que é hidrossolúvel (solúvel na água), tinge a fase aquosa contínua (fig. 7b). O sistema inicial, sem adição de corantes, está representado na fig. 7c.

Outra forma de observar e caracterizar o leite como um sistema coloidal é promover a separação de suas fases, o que se faz facilmente com aquecimento. Após deixar o leite aquecido repousar, sua superfície transforma-se em nata, ou seja, em uma película gordurosa (This, 2003). Com o aquecimento, os glóbulos de gordura tendem a se juntar e formar uma camada contínua na superfície do leite: a nata. Essas características podem explicar uma situação comum que ocorre na cozinha: o derramamento do leite colocado para ferver numa panela. O vapor de água que se forma no fundo da panela fica retido pela nata e a levanta, espalhando o leite fora da panela, sobre o fogão. Assim é possível

entender por que o leite derrama ao ferver, mas a água não (This, 2003).

Considerações finais

Como aspecto motivacional diferenciado, após a realização dessa atividade, é possível degustar o sorvete produzido. Portanto, é indispensável executar o experimento com materiais limpos e higienizados, o que oportuniza a introdução de importantes questões de higiene e saúde, importantes para todo cidadão. Além disso, após a conclusão do experimento, a limpeza do espaço e dos materiais utilizados também pode ser aproveitada pelo professor para estimular o trabalho cooperativo e a integração do grupo.

Num teste piloto do experimento com um grupo de cinquenta estudantes e outro grupo de cinquenta professores, todos do ensino médio de escolas públicas da cidade paulista de Campinas e região, em julho de 2011, a receptividade foi muito positiva. Como instrumentos de avaliação, foram utilizados questionários, entrevistas individuais e manifestações espontâneas, além de observações da dinâmica da atividade pelos responsáveis pelo trabalho. O experimento proposto é acessível, versátil, dispensa a necessidade de infraestrutura laboratorial, não envolve nem gera compostos tóxicos e utiliza materiais e produtos da cozinha,

numa abordagem contextualizada que permite introduzir conceitos químicos relevantes com diferentes níveis de profundidade que podem ser ajustados de acordo com o objetivo educacional. Isto aponta seu potencial didático para interessados em aplicá-lo.

Para estender o experimento, a curiosidade e o conhecimento

– Leite integral é um ingrediente indispensável ou leite desnatado também pode ser usado para preparar o sorvete? Vale a pena testar essa nova receita e discutir os resultados!

– Será que o açúcar adicionado só adoça o sorvete ou interage a nível molecular para favorecer sua formação? É interessante tentar preparar o sorvete usando algum adoçante dietético e explicar o que acontece.

– É possível provocar o efeito de abaixamento da temperatura de congelamento adicionando outras substâncias ao gelo? Quais substâncias poderiam ser utilizadas com efeito mais acentuado em comparação ao sal de cozinha?

Agradecimentos

Os autores agradecem a todos os participantes e membros da equipe de apoio do programa «Química em ação» (edição 2011), assim como aos monitores e à equipe do Museu Exploratório de Ciências - UNICAMP.

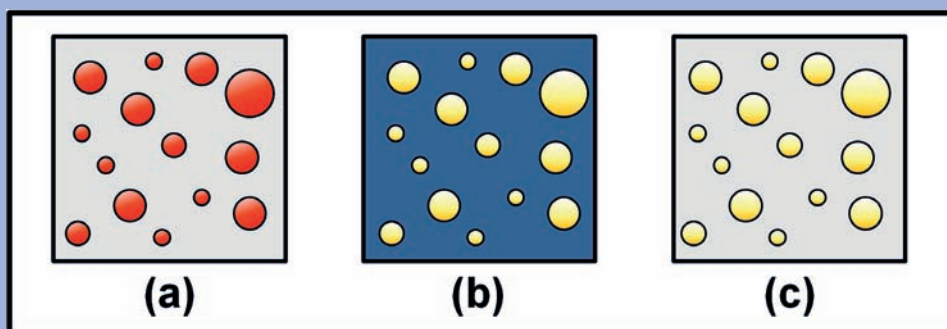


Figura 7. Ilustração de dispersão de óleo em água após adição dos corantes: a) vermelho de graxa, b) azul de metileno e c) sem adição de corante.

Referências

- ANDERSON, J. R.; BOTHELL, D.; BYRNE, M. D. (2004). «An integrated theory of the mind». *Psychological Review*, 111: 1036-1060.
- ATKINS, P. W.; JONES, L. (2001). *Princípios de química: Questionando a vida moderna e o meio ambiente*. Porto Alegre: Bookman.
- BUNCE, D. M.; VANDENPLAS, J. R.; SOULIS, C. (2011). «Decay of student knowledge in chemistry». *Journal of Chemical Education*, 88: 1231-1237.
- CARDOSO, S. P.; COLINVAUX, D. (2000). «Explorando a motivação para estudar química». *Química Nova*, 23(3): 401-404.
- FAVARO, M. M. A.; SHIMAMOTO, G. G.; ROSSI, A. V.; BERTRAN, C. A. (2011). *Livro de resumos VI Encontro Paulista de Pesquisa em Ensino de Química*. São Carlos: CDCC-USP, T 029.
- GASPAR, A.; MONTEIRO, I. C. C. (2005). «Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: Uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky». *Investigações em Ensino de Ciências*, 10(2): 227-254.
- IHDE, A. J. (1984). *The development of modern chemistry*. Nova Iorque: Dover.
- JAFELICCI JR., M.; VARANDA, L. C. (1999) «O mundo dos colóides». *Química Nova na Escola*, 9: 9-13.
- MATEUS, A. L. (2003). *Química na cabeça: Experiências espetaculares pra você fazer em casa ou na escola*. Belo Horizonte: UFMG.
- Parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio: Ciências matemáticas e da natureza e suas tecnologias* (1999). Brasília: Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica.
- PONTES, A. N.; SERRÃO, C. R. G.; FREITAS, C. K. A. de; SANTOS, D. C. P. dos; BATALHA, S. S. A. (2008). «O ensino de química no nível médio: Um olhar a respeito da motivação». Em: *Livro de resumos do XIV Encontro Nacional de Ensino de Química*. Curitiba: UFPR-DQ, 428-1.
- SANTOS, W. L. P. dos; MOL, G. S.; SILVA, R. R.; CASTRO, E. N. F. de; SILVA, G. S.; MATSUNAGA, R. T.; SANTOS, S. M. O.; DIB, S. M. F. (2009). «“Química e sociedade”: Um projeto brasileiro para o ensino de química por meio de temas CTS». *Educação Química*, 3: 20-28.
- SANTOS, A. R. dos; VIDOTTI, E. C.; SILVA, E. L.; MAIONCHI, F.; HIOKA, N. (2002). «Determinação da massa molar por crioscopia: Terc-butanol, um solvente extremamente adequado». *Química Nova*, 25: 844-848.
- SHAW, D. J. (1975). *Introdução à química de colóides e de superfícies*. São Paulo: Edgard Blucher; Edusp.
- SILVA, P. H. F. da (1997). «Leite: Aspectos de composição e propriedades». *Química Nova na Escola*, 6: 3-5.
- THIS, H. (2003). *Um cientista na cozinha*. São Paulo: Ática.



Martha Maria Andreotti Favaro

É bacharel em Química e Química Tecnológica, licenciada e mestre em Química e doutora em Ciências na área de química analítica pela Universidade Estadual de Campinas. E-mail: martha@iqm.unicamp.br.



Adriana Vitorino Rossi

É docente do Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), bacharel em Química Tecnológica e licenciada em Química, mestre em Química e doutora em Ciências na área de química analítica pela UNICAMP. Atua em química analítica e ensino de química e coordena o Grupo de Pesquisas em Química Analítica e Educação (GPQUAE, <http://gpquae.iqm.unicamp.br>). E-mail: adriana@iqm.unicamp.br.



Gustavo Giraldo Shimamoto

É bacharel e licenciado em Química pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Desenvolve projeto de pesquisa de mestrado na área de química analítica e atua como químico no laboratório de ressonância magnética nuclear no Instituto de Química da UNICAMP. E-mail: gustavo@iqm.unicamp.br.



Celso Aparecido Bertran

É livre docente do Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), bacharel em Química, mestre em Química e doutor em Ciências na área de físico-química pela UNICAMP. Atua em físico-química de nanomateriais, biomateriais, aluminossilicatos e materiais cerâmicos. E-mail: bertran@iqm.unicamp.br.